

## 可視光通信を利用した交通信号制御回線集約化等 に関する調査研究

### 1 調査研究の概要

本調査研究は、LED 信号灯器を活用した可視光通信システムを開発し、これを隣接交差点間の交通信号制御回線として利用することで、交通管制センター～交通信号制御機間回線の通信費用の大幅な削減を図ることを目的に、平成 20、21 年度にわたり実施してきた。

可視光通信の受信装置は交通信号灯器アームに設置することを前提に、気象条件及び振動等が可視光通信に与える影響など基本的データの収集、分析等を行うと共に、実際の交通信号機器を使った可視光通信による通信を世界で初めて実証した。

信号制御機 3 基分を 1 回線 (9,600bps) に集約化するのに必要な通信要件として、通信距離 300 m、通信速度 4,800bps を設定し、所要の環境実験及び通信実験の結果を踏まえ実用化が可能であることを確認した。

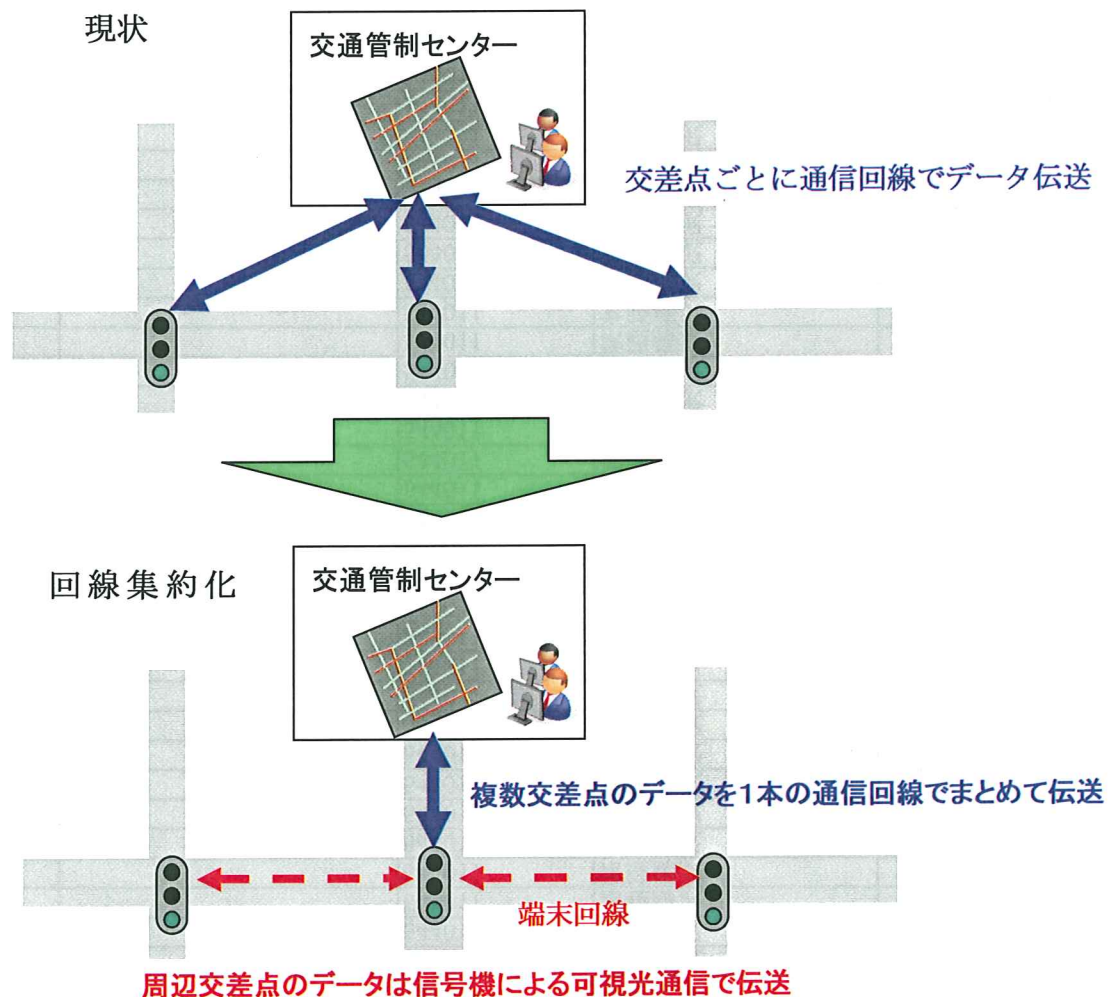


図1 回線集約化のイメージ

## 2 アンケート調査

交通信号制御回線集約化に関する現状のニーズを把握するため、アンケート調査を実施し、41 都道府県から回答を得た。集計の結果、約4万2千箇所地域制御信号機の内、15 県 1,100 箇所 (2.7 %) が、無線 LAN で通信回線を確保している。無線 LAN の利用は回線費の削減効果が大きいにもかかわらず必ずしも多くない状況である。

回線集約以外に、連動制御や感知器回線として無線 LAN を利用しているのは、大部分の37 都道府県に及んでいる。架空配線が使えないことによる無線方式のニーズは、それなりに存在するが、連動制御に対する需要は必ずしも多くないようである。無線方式の導入に必ずしも積極的でない理由は、回線品質、信頼性に対する危惧がうかがえた。

## 3 環境測定実験

### (1) 振動データの解析

環境測定実験期間中における最大振幅データは、表1に示すとおりである。

表1 環境実験期間中の最大振幅データ

項目	最大振幅	ピーク周波数 (Hz)	最大瞬間風速 (m/s)	風向 (度) *
前後方向振幅	8.2 (mm)	2.5	9.28	355.2
上下方向振幅	4.4 (mm)	2	10.76	336.9
角速度 (X 軸)	0.541 (度)	5.5	4.64	339.7
角速度 (Y 軸)	0.411 (度)	4.75	10.95	327.1
角速度 (Z 軸)	0.237 (度)	10	10.2	332.7

\* CCD カメラ正対方向約 145 度

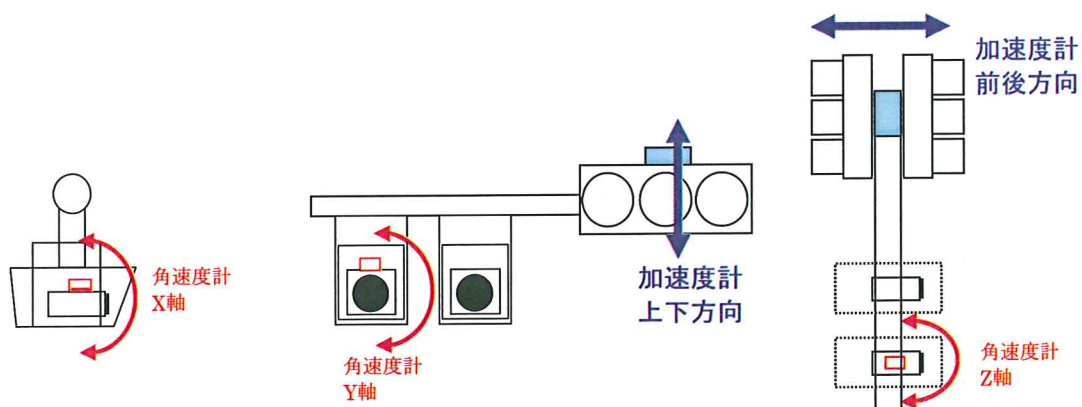


図2 加速度計及び角速度計設置状況

可視光通信に及ぼす影響が最も大きいと考えられる振動要素は、X 軸及び Z 軸における角速度の振幅及び周波数である。これら振動の影響については、画像データの分析結果から実用上十分なマージンが得られることが分かった。



## (2) 画像データの解析（振動の影響）

灯器振動による振幅及び X・Y・Z 軸の角速度成分は、対象とする信号灯のイメージセンサ上の座標位置の変動として現れる。変動の大きさはトラッキング機能の必要性の判断要素になるが、初年度実施の環境実験の解析では、300 m先の対象信号灯についてトラッキング機能は必ずしも必要ではなかった。しかし、2年目の環境実験の結果、台風接近時の強い風の下では変動幅が非常に大きく、トラッキング処理には優秀な性能のものを実装する必要が認められた。なお、要求される機能レベルは、技術的には問題はないと考えられる。

## (3) 画像データの解析（降雨等の影響）

可視光通信に必要な LED 信号の点灯及び滅灯時の輝度差は、青、黄、赤各灯色とも昼夜間をとおして十分得られる。可視光通信で最も厳しい条件と考えられる太陽高度が低い冬期の西日を受けた状況においても、通信に必要な輝度差が得られる。

降雨等による視程の低下は、可視光通信に大きな影響を及ぼすことになる。環境実験期間中の最大雨量は、18mm / 10 分、時間雨量 108mm（平成 21 年 10 月 8 日 02:00 ~ 04:00）であった。この雨量は、気象庁の分類で“猛烈な雨”に相当する。この間、画像データは、10 分間ほど撮像がブラックアウトの状態があった。この原因は、雨による視程の低下そのものではなく、ガラス面を覆う雨水流である。これを回避する方策として、カメラハウジングの筐体構造について詳細の検討を行った。

なお、猛烈な雨より一段階低い“非常に激しい雨”（50mm 以上 80mm 未満）では、通信に必要な撮像データが得られている。

## 4 通信実験

可視光通信が現実に可能であることを実証するため、実物の信号灯器及び信号制御機を使った通信実験を行った。実験はイメージセンサ方式について 3 社-3 式及びフォトダイオード方式 1 社-1 式、計 4 社 4 式について実施した。実験方法は、可視光通信により信号制御パターンデータを送信し、パターンデータが送達され制御パターン通りに信号現示が作動していることで通信ができていることを確認した。あわせて伝送誤り率を測定し、各方式すべて伝送誤り率はゼロであった。

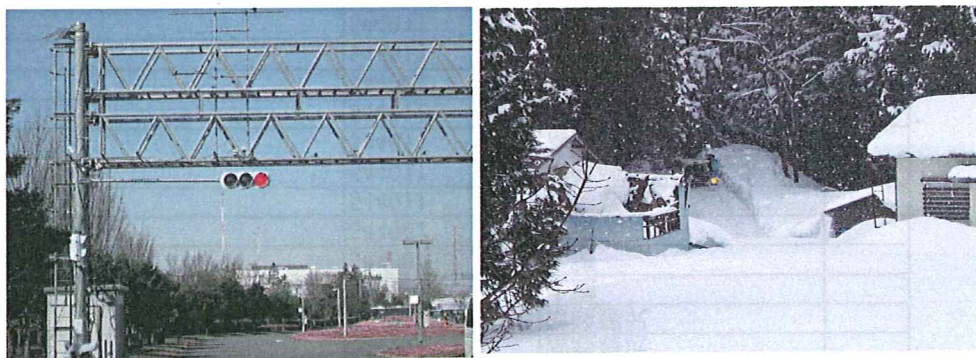


図 3 通信実験の状況 N 社事業所及び新潟県南魚沼市

更に、雨、雪でも通信できることを実証するため、実験場所及び期日を変えて通信実験を行った。実験体制の制約もあり、視程が大きく低下する条件に当たる機会は得られなかったが、降雨、降雪環境下でも良好に通信できることを確認した。

## 5 総括及び課題

風による振動の影響については、技術的に解決できることを確認した。振動以外で、可視光通信に及ぼす影響が大きい物理的要素は、降雨、降雪等による視程の低下である。通信システムとして実用化するには、雨量及び降雪量が通信に及ぼす影響の程度、限界を把握する必要がある。環境条件の規定には、“視程”を指標とすることが合理的であるが、気象条件による影響を把握するには更に長期間にわたるデータの集積と分析が必要である。

環境実験及び屋外実験の結果、回線集約及び連動制御への適用について、雨、霧などによる天候の影響による視程低下があっても、都内で発生する気象条件では、99.98%の時間率で通信可能である。強雨によるガラス面の雨滴対策については、筐体構造の工夫により回避できる知見も得た。また、複数メーカーのLED灯器について電気的特性を調べた結果、変調を加えても警察庁仕様に規定する光度を満たしている。

以上の結果からLED信号機による可視光通信の回線集約、連動制御への応用について技術的には十分可能であることを確認した。

アンケート調査によれば、回線費用の削減や都市美観確保に伴う電柱や架空配線の建築規制等から、無線（電波、赤外線、可視光）方式の信号機制御回線への適用ニーズは全国的に相応に存在する。しかし、通信品質に対する危惧等から、無線方式そのものの導入に必ずしも積極的ではないようである。また、可視光通信による通信方式が、既存の無線LAN方式より当初は高価となることが予想される等の課題もある。

## 6 可視光通信の将来性

LED信号灯器による可視光通信は、情報インフラとして大きな可能性を秘めている。全国で20万箇所にあたる規模は、道路における安全、安心を支える社会インフラとして重要であるばかりでなく、都市内にあまねく存在する情報インフラとしての価値は大変大きい。

可視光通信技術は、新たなメディアとして、国内外のメーカーにおいて一層の技術開発の取組みが見込まれること。信号灯器を利用した車両及び歩行者に対する情報提供については、通信距離が比較的短く、気象条件による通信品質の低下が小さいこと。また、交通信号は24時間365日運用されていて、情報インフラとして多様なアプリケーションへの適用が期待できる。例えば、交通規制情報提供や、ITSの路車間通信への応用も考えられる。将来、携帯電話内蔵カメラに可視光通信機能を持たせることで可視光通信の普及が一段と進展することも予想され、交通管理技術に対する多様なアプリケーションへの適用が期待できる。